

図形のデフォルメ技術

菅沼優子*
根岸博康*
川又武典*

Deformation Technology for Graphics

Yuko Suganuma, Hiroyasu Negishi, Takenori Kawamata

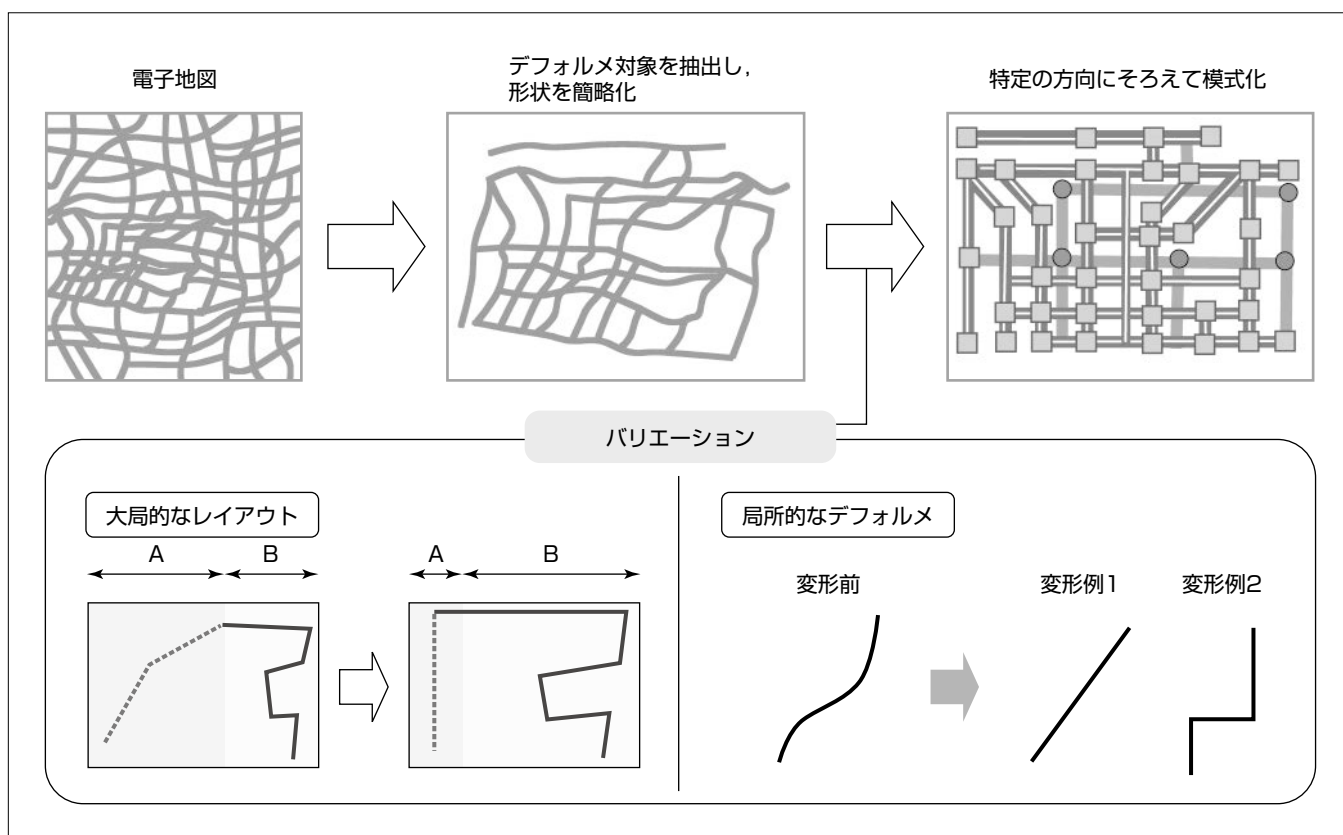
要 旨

情報の多様化が進み、情報量が増加の一途をたどっている昨今では、膨大な情報の中から必要な情報を抽出し、利用者にとって分かりやすい表現で提供することが求められている。図形のデフォルメ技術は、情報を取捨選択し、分かりやすく表示する技術として注目されている。店舗への案内図や鉄道路線図等、日常でも広く活用されているが、現状、デフォルメ地図の多くはデザイナーによって作成されており、製作に多くの時間と費用を要するという課題がある。また、デフォルメ地図を継続的に使用するシステムでは、使用しているデフォルメ地図に情報の追加や削除を行うことが考えられるが、デザイナーが行う場合は手作業での改訂となり、短期間に実施することが困難である。

一方、デフォルメ地図を自動生成する試みもなされているが、デフォルメ対象の増加に伴い、膨大な処理時間を要するという課題がある。このため、現状では大規模なデフォルメ地図を容易に生成することが困難である。

このような課題に対して、電子地図から広域道路網のデフォルメ地図を容易に生成する方式を開発した。道路の形状を大きく変形させる大局的な座標変換を備え、形状の簡略化度合いや道路を配置する方向等を局所的に制御可能な幾何学的アプローチをとることで、処理時間の問題を解決した。

本稿では、開発したデフォルメ地図自動生成方式について述べる。



デフォルメ地図自動生成方式

電子地図からデフォルメ対象の道路を抽出し、形状の簡略化を経て、模式化したデフォルメ地図を自動生成する。大局的なレイアウトと局所的なデフォルメによって、デフォルメのバリエーションを広げる。大局的なレイアウトでは、デフォルメ地図全体における領域の配置を制御し、局所的なデフォルメでは、個々の線分の配置方向を制御する。両者を組み合わせることで、雰囲気の異なるデフォルメ地図を容易に生成することができる。

1. ま え が き

情報の多様化が進み、情報量が増加の一途をたどっている昨今では、膨大な情報の中から必要な情報を抽出し、利用者にとって分かりやすい表現で提供することが求められている。図形のデフォルメ技術は、電子地図などの詳細な情報の中から情報を取捨選択し、図形の形状を簡略化するなどして見やすくする技術であり、必要な情報を分かりやすく表示する技術として注目されている。鉄道路線図など、日常でも広く活用されているが、現状、デフォルメ地図の多くはデザイナーによって作成されており、製作に多くの時間と費用を要するという課題がある。また、使用しているデフォルメ地図に対して、道路などの追加削除を行う場合、又は、利用者の要望に応じて図形の形状を変更する場合には、現在使用しているデフォルメ地図を改訂する必要がある。デザイナーが行う場合は手作業となるため、短期工程で実施することが難しい。こうした背景の中、電子地図からデフォルメ地図を自動生成する技術を開発した。

本稿では、広域道路網に対応したデフォルメ地図自動生成方式について述べる。

2. デフォルメ地図自動生成における技術課題

今回開発したデフォルメ地図自動生成方式では、道路をデフォルメ対象とした。そこで、ここでは、地図の例として道路を用いて述べる。

デフォルメ地図の自動生成は、図1に示すように、交差点をノード、道路をエッジとするグラフデータに対して、道路の接続関係が分かりやすくなるようにエッジを変形させるグラフィケイト問題である。グラフィケイト問題では、一般的に、エッジを表示させる方向(以下、“エッジの配置方向”という。)が水平、垂直、斜め45度のいずれかの方向となるようにエッジを変形する。しかし、従来の主な手法である最適化の手法⁽¹⁾では、ノード数の増加に伴い、変形後の新しい座標を求めるのに膨大な計算時間を要するという課題があり、大規模なグラフデータへの適用が困難である。また、従来手法では、一般的に、電子地図を変形時の元地図とし、元地図に対してエッジの配置方向が45度

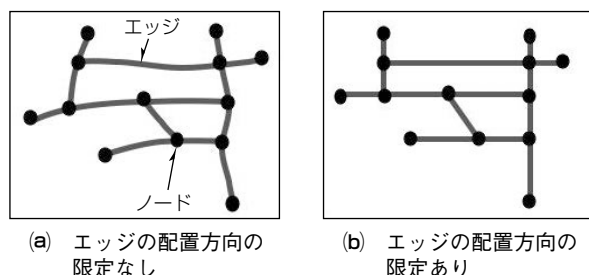


図1. ノードとエッジ

の整数倍の方向となるようにエッジを変形する。しかし、デフォルメ地図を利用する用途によっては、エッジの配置方向を特定の方向に限定して模式化するだけでなく、デフォルメ地図を全体としてとらえた際に、利用者にとって重要な部分を分かりやすくしたいという要求がある。

このような要求に対して、従来手法では、エッジの配置方向を特定の方向に限定させることはできるものの、利用者の思い描いている形状に近いデフォルメ地図を自動生成することが困難である。

3. 目 的

2章で述べた課題に対して、この開発では、広域で多数の道路を含む場合でも比較的短時間でデフォルメ地図を生成できること、利用者がほしいと思う形状に近いデフォルメ結果を得られるように、雰囲気異なるデフォルメ地図を容易に生成できることを目的とした。

具体的には、数十キロメートルといった広範囲を対象とし、多数の道路をデフォルメできること、パラメータを変更することによって、印象異なるデフォルメ地図を容易に生成できることを目的とした。

4. 広域道路網のデフォルメ地図自動生成方式

4.1 利用者の望む内容に近づけるための指標

2章で述べたように、用途によっては、デフォルメ地図全体で重要な部分を見やすく強調したデフォルメ地図を生成する必要がある。このように特定の部分を見やすくするデフォルメでは、デフォルメ結果の良し悪(あ)しを所定の方向に配置できたエッジの個数のみで評価するのでは不十分であり、利用者が想定するデフォルメ地図に近い結果が得られたかどうか、利用者側から評価する必要がある。

こうした主観評価に依存する部分を工学的な指標として自動生成方式に組み入れるために、今回開発した方式では、利用者が意図する形状のデフォルメ地図に近づけるため2つの指標を設定した。“大局的なレイアウト”と“局所的なデフォルメ”である。

“大局的なレイアウト”は、デフォルメ対象とする領域を、デフォルメ結果を出力する領域に対してどのようにマッピングさせるかを規定する。具体例を図2に示す。デフォルメ結果を出力する領域は、ディスプレイの解像度や紙面の縦横サイズから定まる。図では、デフォルメ地図を出力する紙面のサイズに合わせて縦横比を変更し、重要視したい領域であるAの領域がデフォルメ地図全体の中で大きな領域を占めるように領域Aに含まれる道路の配置位置を変更している。重要視したい領域がデフォルメ地図全体でどの辺りにどの程度の大きさで表示されるのかを利用者の要望に一致させることによって、限りなく存在するデフォルメのバリエーションに対して利用者の意図に近い内容を得る

ことができると考えた。

もう一つの指標である“局所的なデフォルメ”では、デフォルメ度合いを規定する。電子地図を入力として道路の方向が水平、垂直、斜め45度方向となるように変形する場合、元の地図から道路の方向を大きく変えずに変形する場合と、道路の接続関係をより一層見やすくするために、元の地図の道路方向から変えた方向に配置してよいとする場合とでは、得られるデフォルメ地図の雰囲気が異なる。例を図3に示す。階段状の道路に対して、例1は元の道路方向に近い方向で変形した例であり、例2は元地図で右斜め方向の道路を垂直とみなして変形した例である。このように、個々の道路の方向をどのような方向に配置させるかによっても、デフォルメ地図の印象は変化するため、デフォルメ地図の雰囲気を局所的に制御する指標として、道路形状のデフォルメ度合いを定め、パラメータとして変更できるようにした。

このようにして、“大局的なレイアウト”と“局所的なデフォルメ”の2つの指標を軸としたデフォルメ地図生成方式とすることによって、利用者が思い描く形状のデフォルメ地図に近い結果を得られるようにした。

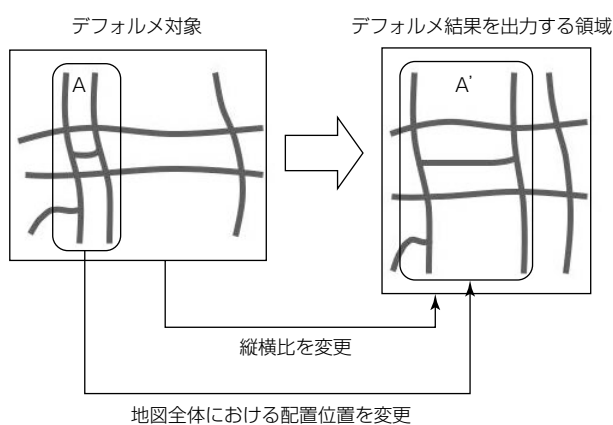


図2. 大局的なレイアウトの変更

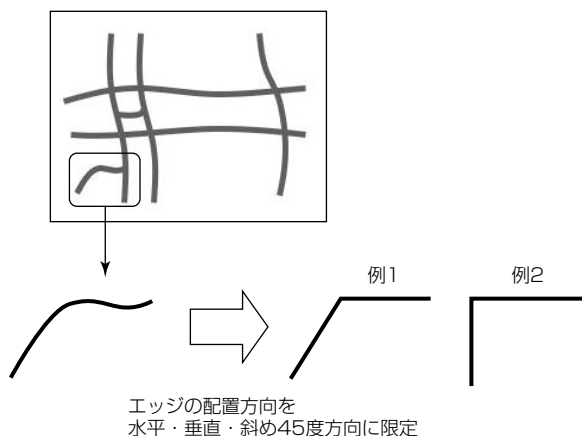


図3. 局所的なデフォルメ

4.2 大規模データに対応可能な自動生成

2章で述べたように、最適化の手法を用いる従来の自動生成手法では、多数の道路を含む広域のデフォルメ地図を生成することが難しい。今回の開発では、道路の方向を45度の整数倍の方向にする理論上の最適解を得ることを目的とせず、利用者の意図に近いデフォルメを実現することを目的とするため、4.1節で述べた2つの指標に基づく幾何学的なアプローチを採用することで、大規模データに対する処理時間の問題を解決した。

デフォルメ地図生成の処理の流れを図4に示す。まず、道路の電子地図データを入力し、デフォルメ対象とする道路を抽出する。次に、抽出した道路の形状を直線化して簡略化する。この処理は、局所的なデフォルメに関する処理であり、簡略化の度合いをパラメータで変更できる。続いて、簡略化したデータに対して大局的な座標変換を施し、出力するデフォルメ地図の縦横比やどのようなレイアウトでデフォルメ地図を出力したいかに応じて、道路の形状を大きく変形させる。この処理は、大局的なレイアウトに関する処理であり、対話的な操作によってレイアウトを変更することができる。最後に、個々の道路の配置方向が45度の整数倍の方向となるように、個々の道路を構成するノードについて移動先の座標を算出し、エッジを変形する。この処理も、4.1節で述べた2つの指標のうち、局所的なデフォルメに関する処理である。なお、移動先の座標を算出する際は、移動の前後で付近の道路との交差関係や交差点に接続している道路との位置関係が変わらないような座標を算出する。

5. 適用例

開発した方式を用いて、電子地図データからデフォルメ地図を自動生成するシステムを試作し、比較的広い範囲のデフォルメ地図を自動生成する実験を行った。

道路の電子地図から任意の道路をデフォルメ対象として抽出した後、道路の形状を簡略化した結果を図5に示す。東西方向に約34km、南北方向に約36kmの範囲で、エッジ数は3,441である。電子地図が持つ属性情報を活用するため、属性情報を持つノードをすべて保持した。このため、直線で表現されている道路が多数のエッジから構成されて

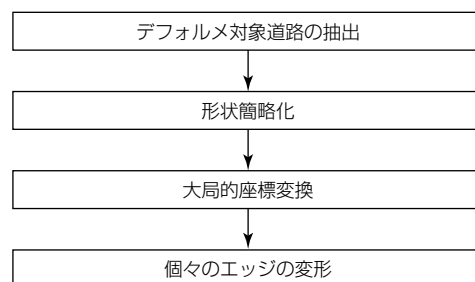


図4. デフォルメ地図の生成手順



図 5. 形状を簡略化した地図



図 8. 形状を簡略化した地図

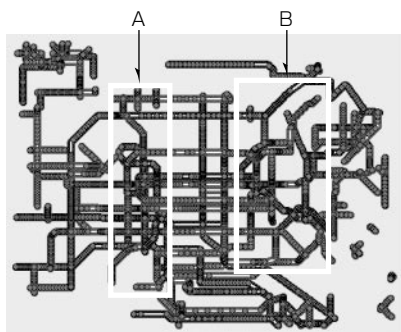


図 6. デフォルメ例(大局的座標変換なし)

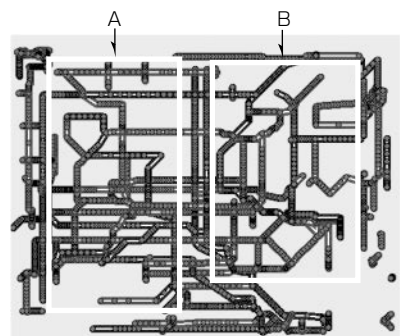
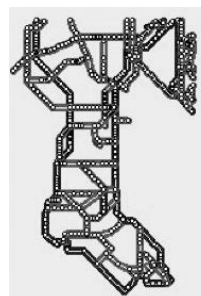
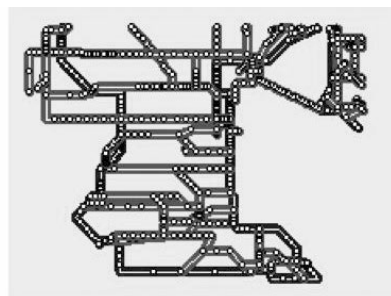


図 7. デフォルメ例(大局的座標変換あり)



(a) デフォルメ例1



(b) デフォルメ例2

図 9. 局所的なデフォルメの効果

度合いを変えることによって、異なる雰囲気のデフォルメ結果を生成できることを確かめた。

このようにして、大局的なレイアウトと局所的なデフォルメ度合いの各々を変化させることによって、デフォルメ地図のバリエーションを広げることができる。

(注1) Core2Duoは、Intel Corp. の登録商標である。

6. む す び

電子地図から広域道路網のデフォルメ地図を容易に自動生成する方式について述べた。

今回開発した方式では、道路の配置を大きく変える大局的な座標変換を備え、形状の簡略化度合いや道路の配置方向等を個々の道路について局所的に制御することで、利用者が意図する内容に近いデフォルメ地図を容易に生成できるようにした。

今後は、利用者が思い描いていたデフォルメ地図に対して、どの程度満足できるデフォルメ地図が得られたかどうかについて被験者評価を行い、自動生成方式に反映していく予定である。

参 考 文 献

- (1) Nöllenburg, M., et al.: A mixed-integer program for drawing high-quality metro maps, In: Patrick Healy and Nikola S. Nikolov, editors, Proc. 13th Internat. Sympos. Graph Drawing(GD'05), volume 3843 of Lecture Notes in Computer Science, 321~333, Springer-Verlag (2006)

いる。この簡略化地図に対して、縦横比を3:4とするデフォルメ地図を生成した。図6は大局的な座標変換を行わない結果であり、図7は大局的な座標変換を施した結果である。図7では、AとBの領域がデフォルメ地図全体の中で大きく表示されるように変形した結果である。どちらの場合も、生成に要した時間は約20秒(CPU(Central Processing Unit) 3 GHz, Core2Duo^(注1))であった。

最適化問題として解く従来手法⁽¹⁾では、データ規模の増加に伴い計算時間が増大し、数百のエッジからなる路線図のデフォルメに約20分の時間を要している。今回、2つの指標に基づき利用者の意図に近い解を得る方式とすることで、データ規模が多い場合にも短時間で生成できることを確かめた。

また、図8の簡略化地図に対して、異なるパラメータでデフォルメした例を図9に示す。図9(b)では、水平・垂直方向の道路が多くなるようにパラメータを設定した。図9(a)と図9(b)の比較から、局所的なデフォルメでデフォルメ